

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-158781

(43)Date of publication of application : 08.07.1991

(51)Int.Cl.

G01R 31/36

(21)Application number : 01-296683

(71)Applicant : HITACHI LTD

TOKYO ELECTRIC POWER CO
INC:THE

(22)Date of filing : 15.11.1989

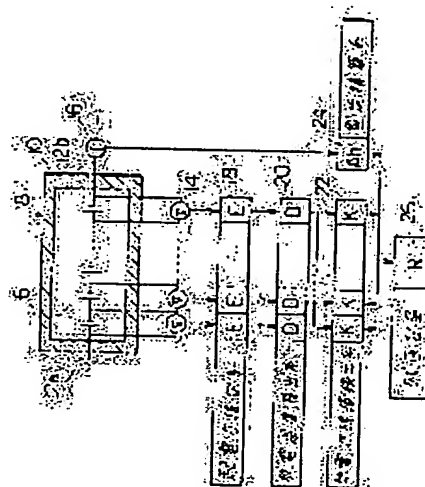
(72)Inventor : KUSAKABE KOJI
KAWAMOTO HIROYUKI
HATOU HISAMITSU
YASUJIMA HIROMI
OSHIMA MASAOKI
FUJIWARA NOBORU

(54) METHOD FOR ESTIMATING RESIDUAL CAPACITY OF SODIUM-SULFUR BATTERY

(57)Abstract:

PURPOSE: To enhance estimation accuracy by obtaining the number of defectless series units from a difference between the series-parallel units of discharge depths, adding the correction by the total number of the series unit to the energization quantity of a set battery with the discharge depth as a beginning point and calculating the respective discharge depths.

CONSTITUTION: The set battery 8 is housed into a heat insulating box 10 where the series-parallel units 6 are connected in series. A voltmeter 14 measures the voltage across the units 6 and an ammeter 16 measures the current flowing in external terminals 12a, 12b. The electromotive force E of the units 6 is estimated from a change with time, of the voltage of the units 6 right after the stop of the charge and discharge and the discharge depth D of the units 6 is obtd. by collating the electromotive force E and the theoretical value. The number K of the defectless series units of the units 6 is obtd. by making comparison with depths D each other between the units 6. The charging and discharging current quantity Ah of the battery 8 is obtd. by integrating the current value measured by the ammeter 16 with time and can be referenced at all time. The residual capacity R of the battery 8 is calculated from the max. of the depth D of the units 6, the number K of the units and the number K of the units of the battery 8.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of
rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑫ 公開特許公報(A) 平3-158781

⑬ Int. Cl.³

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)7月8日

G 01 R 31/36

A

8606-2G

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全8頁)

⑮ 発明の名称 ナトリウム-硫黄電池の残存容量推定方法

⑯ 特 願 平1-296683

⑰ 出 願 平1(1989)11月15日

⑱ 発 明 者 日 下 部 康 次 茨城県日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内

⑲ 発 明 者 川 本 広 行 茨城県日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内

⑳ 発 明 者 波 東 久 光 茨城県日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内

㉑ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉒ 出 願 人 東京電力株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番3号

㉓ 代 理 人 弁理士 鶴 沼 辰之

最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

ナトリウム-硫黄電池の残存容量推定方法

2. 特許請求の範囲

1. ナトリウム-硫黄電池の単電池を1個以上直列に接続した直列単位を、複数並列接続して直並列単位とし、これを更に複数直列接続してなるナトリウム-硫黄電池の組電池の残存容量を推定する方法において、

前記直並列単位毎に充放電停止直後の電圧変化から起電力及び放電深度を推定し、該放電深度の該直並列単位間相互の差異から該直並列単位内の健全なる前記直列単位の数を得、該放電深度を始点として、前記組電池の通電量に該健全直列単位数による補正を加えて各々の直並列単位毎の放電深度を算出して、この内、最大の放電深度より前記組電池の残存容量を算定することを特徴とするナトリウム-硫黄電池の残存容量推定方法。

2. ナトリウム-硫黄電池の単電池を1個以上直

列に接続した直列単位を、複数並列接続して直並列単位とし、これを更に複数直列接続してなるナトリウム-硫黄電池の組電池の残存容量を推定する方法において、

前記直並列単位毎に充放電停止直後の電圧変化を指数関数を含む関数形に近似することによって該直並列単位の起電力を推定して、この起電力から該直並列単位の放電深度を推定し、該放電深度の該直並列単位間相互の差異から該直並列単位内の健全なる前記直列単位の数を得、該放電深度を始点として、前記組電池の通電量に該健全直列単位数による補正を加えて各々の直並列単位毎の放電深度を算出して、この内、最大の放電深度より前記組電池の残存容量を算定することを特徴とするナトリウム-硫黄電池の残存容量推定方法。

3. ナトリウム-硫黄電池の単電池を1個以上直列に接続した直列単位を、複数並列接続して直並列単位とし、これを更に複数直列接続してなるナトリウム-硫黄電池の組電池の残存容量を

推定する方法において、

前記直並列単位毎の充放電停止直後の電圧変化を指数関数を含む関数形に近似することによって該直並列単位の起電力を演算して、この起電力から該直並列単位の放電深度を推定し、該放電深度の該直並列単位間相互の差異から該直並列単位内の健全なる前記直列単位の数を得、該放電深度を始点として、前記組電池の通電量に該健全直列単位数による補正を加えて各々の直並列単位毎の放電深度を算出して、この内、最大の放電深度より前記組電池の残存容量を算定する方法であって、前記関数形は、時刻 t における前記直並列単位毎の測定電圧を $V(t)$ 、この電圧 $V(t)$ が漸近していく真の起電力を E_0 、時刻 $t=0$ における電圧を V_0 とすると、自然対数の底を e 、べき指数を α として、

$$V(t) = E_0 - (E_0 - V_0) e^{-\alpha t}$$

なる関数形であることを特徴とするナトリウム-硫黄電池の残存容量推定方法。

4. ナトリウム-硫黄電池の単電池を1個以上直

$$\left[\frac{V(t_{n+1}) - V(t_{n+1})}{V(t_{n+1}) - V(t_n)} \right] \times \left[\frac{t_{n+1} - t_n}{t_{n+1} - t_{n+1}} \right] = e^{-\alpha(t_{n+1} - t_{n+1})}$$

なる関数式から時刻 t_{n+1} ないし t_{n+1} におけるべき指数 α 値を演算し、この α 値の平均値から求めるものであることを特徴とするナトリウム-硫黄電池の残存容量推定方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、ナトリウム-硫黄電池に係り、特に、電池の残存容量を精度よく推定するとともに、電池内の単電池破損の有無、個数を検査するに好適な電圧測定法及びデータ処理方法に関する。

(従来の技術)

従来の技術としては、電池の通電電流を積算することにより、初装荷時を始点として放電深度を算出し、理論放電容量との差から残存容量を得る方法が一般的であり、測定精度を上げることににより残存容量の精度を上げるようにしていた。鉛蓄電池の場合には、電解液の比重を測定して放電深度を推定する方法もある。また、特殊な方法とし

列に接続した直列単位を、複数並列接続して直並列単位とし、これを更に複数直列接続してなるナトリウム-硫黄電池の組電池の残存容量を推定する方法において、

前記直並列単位毎の充放電停止直後の電圧変化を指数関数を含む関数形に近似することによって該直並列単位の起電力を演算して、この起電力から該直並列単位の放電深度を推定し、該放電深度の該直並列単位間相互の差異から該直並列単位内の健全なる前記直列単位の数を得、該放電深度を始点として、前記組電池の通電量に該健全直列単位数による補正を加えて各々の直並列単位毎の放電深度を算出して、この内、最大の放電深度より前記組電池の残存容量を算定する方法であって、前記起電力は、異なったいくつかの時刻における前記直並列単位毎の電圧を測定し、該電圧測定値及び測定時刻に基づいて、時刻を t 、自然数を n 、測定電圧を V 、自然対数の底を e 、べき指数を α とする、

て、特開昭60-166875号公報に記載のように、直流電圧に重畳して、交流電圧を印加し流れる電流の高調波を測定し、予め判っている残存容量状態での値と照合して、残存容量を推定する方法も提案されている。しかしながら、精度よく残存容量を推定するための有効な手段は、確立されていない。

(発明が解決しようとする課題)

しかしながら、上記従来技術には以下の問題点がある。

第1の例では、多数回の充放電サイクルを繰返す間に電流値及び積分時の誤差が蓄積して、精度が低下する点、及び、基本単位である単電池を多数本、直並列接続する組電池の場合には、上記単電池の破損により、組電池内の電流の配分が大きく変り、外部電流の積算から得られる放電深度は、単電池の放電深度を表さなくなるといった問題がある。逆に、単電池毎に電流を測定しようとするならば、膨大な測定量となる上、誤差の観点から有効な手段とはならない。

第2の比重測定の例は、鉛電池等、電解液を用いる電池では可能であるが、ナトリウム-硫酸電池のように、固体電解質を用いる電池には適用できない。

第3の例では、予め残存容量と高調波成分との関係を得ておく必要がある。

本発明の目的は、単電池を多数本、直並列接続したナトリウム-硫黄電池において、予め測定する必要なく、精度よく残存容量を推定することにある。

(課題を解決するための手段)

上記目的を達成するための本発明方法は、ナトリウム硫黄電池内で単電池を直並列接続した最小単位、つまり、外部回路を開いた際にも循環電流がその内部で流れ得る閉じた回路を持つ単位毎に起電力及びそれに対応した理論的な放電深度を測定した後、それらの起電力の差異から破損単電池の個数を推定して、その組電池単位内の単電池に流れる電流値の補正係数を求め、かつ、この補正係数と上記放電深度の内、最大の深度を示した放

放電物質として硫黄あるいは多硫化ナトリウムを用い、
 電解質として、ナトリウムイオン伝導性を有する β - アルミナ等の固体電解質を用いる。放電時には、
 ナトリウムは電子を遊離してイオンとなり、固体電解質を
 通って正極内に入って、硫黄と反応して多硫化ナトリウム
 となり、この際、外部から流れこんでくる電子を結合して中
 性化して、放電反応を終える。正極内では、放電が進むにつ
 れてナトリウムが増加し、 Na_2S_8 、 Na_2S_6 、 Na_2S_4 、 Na_2S_2 、
 というように、多硫化ナトリウムの硫化度が低下して
 いく。通常、 Na_2S_8 の融点が約 285°C であり、 Na_2S_2 とな
 ると、融点が 1000°C 以上に上昇してしまうため、運
 転温度を $300 \sim 350^\circ\text{C}$ 程度として、 Na_2S_8 を放電限度
 とする。つまり、 Na_2S_8 に達するに必要な Na の量を電
 荷量に換算することにより、理論放電容量とすることが
 できる。実用上は、ナトリウムが Na_2S_8 をこえて供給
 されても、多硫化ナトリウムが正極内で部分的に凝固し
 始めて、内部抵抗が上昇するため、電池の機能が損われ
 ることになり、

電深度とを用いて、電池全体の残存容量を算定するという方法である。

また、上記起電力を測定する際には、充放電電流停止直後の電圧変化を指数関数を含む関数形に近似することによって、極めて長時間後に漸近していく真の起電力の値を短時間に推定することができる。

〔作用〕

上記の構成によれば、ナトリウム硫酸電池の充放電停止時の残存容量を短時間の内に算定し、これを始点として、従来通り、電池の通電電流を積算し、かつ、上記補正係数を掛けることにより、長時間の充放電サイクルの繰返しが続いても、精度の高い残存容量が常時得られることになるとともに、破損単電池の個数が推定できることから、電池の補修時間の推定が可能となる。

以下本発明の作用原理を適宜図面を用いて詳述する。

ナトリウム硫黄電池の最小構成単位である単電池は、負極活物質として溶融ナトリウムを、正極

N a, S , を放電限度とすることが適当である.

また、ナトリウムが Na_2S に達するまで供給されないように電池を構成する場合には、ナトリウム量を電荷量に換算した値をそのまま放電限度とし得る。通常は、ナトリウムと硫黄の量のモル比を 2 : 3 程度として、高いエネルギー密度を得られるように単電池を構成する。充電時には、起電力よりも高い電圧を外部から逆にかけてやることにより、多硫化ナトリウムから電子を取ってイオン化し、イオンとなったナトリウムが固体電解質を放電時と逆に通過して、負極内に戻り、そこで電子を受け取って中性化して充電反応を終る。この時、充電が進んで正極内の多硫化ナトリウムの硫黄の割合が多くなると、硫黄単体が析出するようになるが、硫黄は電子伝導性を有しないため、充電末期には、高い内部抵抗を有するようになる。そこで通常は、上記放電容量を 100% として 10 ~ 15% 程度が実用上の充電限度となり、正極内に若干のナトリウムを残した状態で充電を終了する。従って、通常の運転領域は、放電容量に対

して、10～15%の位置から、最大100%の間となる。

第2図は、ナトリウム-硫黄電池の起電力を示している。ナトリウム-硫黄電池の起電力は、放電深度によって異なる変化を示し、正極内のナトリウムと硫黄のモル比が2:5に達するまでは、正極内は、硫黄単体と Na_2S_x の混合体で、起電力は約2.07Vで一定となる。 Na_2S_x の状態より放電が進行した状態では、 Na_2S_x 、 $\text{Na}_2\text{S}_{x-1}$ 、 $\text{Na}_2\text{S}_{x-2}$ 、等の混合体となり、総体としては、放電深度に対してほぼ直線的に低下し、 Na_2S_2 での約1.76Vに達する。従って、 Na_2S_x より進んだ放電深度では、起電力を知ることにより、放電深度を同定することができる。

しかし、この理論値は、ナトリウムと硫黄の組成が均一である場合の値であり、実際には、有限の体積を持つ正極内で起電力の異なる組成が分布する場合があります。外部から真の起電力を測定するのは困難な場合が多い。つまり、第3図に示すように、放電停止後の電圧は、ゆっくりと真の起電

力に漸近していく変化が起こり、真の起電力に漸近するまでには、数時間がかかる。

本発明においては、この電圧の変化を、

$$V(t) = E_0 - (E_0 - V_0) e^{-\alpha t} \dots (1)$$

に函数近似することによって、充放電停止後、短時間の内に真の起電力を推定できるというものである。ここで $V(t)$ は、測定される電圧値を、 E_0 は $V(t)$ が漸近していく真の起電力を、 V_0 は、時刻 $t=0$ における電圧値を各々表わしている。これまでに述べた事柄は、単電池を対象にしているが、この手法は、以下の実施例で説明する単電池を多数個直並列接続した組電池にも有効であることが分っている。

〔実施例〕

以下本発明の一実施例を図面を参考にして説明する。

はじめに具体的なナトリウム-硫黄電池の構成例とその動作について述べる。一般にナトリウム-硫黄電池の単電池は、製作上の制約、等から数十ワット程度であるが、実用上、例えば、電力貯

蔵用や電気自動車用に用いるには、数キロワットから数メガワットの出力が必要となる。そこで、単電池を多数本直並列に接続して、所定の電圧、電流を得るようにする。

第1図は、このように考えて構成されたナトリウム-硫黄電池の組電池の構成例を示す。第1図において、単電池2は、1本以上を直列接続されて直列単位4を作る。これを複数本並列接続して直並列単位6を構成する。さらに、これを直列に1ヶ以上接続して組電池8とする。なお、ナトリウム-硫黄電池は、高温作動型であるため、通常、断熱構造体である保温箱10に収納される。このように構成された組電池では、単電池2の定格電流を I_0 、平均放電電圧を V_0 、直並列単位6の中の直列数を n 、並列数を m 、直並列単位6の個数を N とすれば、外部端子12a、12bの両端では、およそ、 $m I_0$ の定格電流にて $n N V_0$ の平均電圧が得られる。電圧計14は直並列単位6の両端の電圧を計るためのものであり、電流計16は組電池8の通電電流を計るためのものである。

この組電池8は、運転、温度管理、保守の単位であり、通常数キロワットから数十キロワットの出力に構成される。さらに、大きな電力の蓄電が必要な場合には、この組電池を直列あるいは並列接続する。

この組電池8の動作は、前記単電池2の動作を重ね合わせたものに他ならない。従ってすべての単電池2が健全に動作している場合には、第2図に示した起電力の変化を nN 倍した形の起電力をもつ。直並列単位6の内部では、直列単位4の抵抗値の差異によって、電流の分配は均一とはならず、従って、直列単位毎に放電深度が異なる状態で充放電が進行するが、起電力は、それら異なる放電深度の平均値に対応した値である。充放電を停止した直後には、電圧計14で測定される直並列単位6の電圧は、第3図に示したような変化を示す。この休止中には、放電深度、即ち、起電力の異なる直列単位4の間で電荷のやりとりが起こっている。つまり、放電深度の浅い直列単位は起電力が高いため、他の直列単位を充電する形で

放電する。従って、測定される電圧の変化は、起電力の平均値の変化であり、前記単電池2の内部の変化による起電力の変化を n 倍したものである。従ってこの直並列単位6の充放電停止直後の電圧変化を前記単電池の場合と同様に関数近似することによって、短時間で直並列単位6の起電力、すなわち放電深度を知ることができる。

組電池8の中の全ての単電池2が健全な場合には、上述のようにして得られる各直並列単位6の放電深度は等しい。何故ならば、通電される電流は同じだからである。しかしながら、単電池が破損した場合には状況は異なる。

ナトリウム-硫黄電池の破損は、基本的には、固体電解質の劣化破損である。その結果、確実に起こるのは、起電力の低下である。単電池外部での短絡でも、外部から見れば、起電力の低下と等価である。内部抵抗の変化は一定ではなく、健全な状態より大きくなる場合も小さくなる場合もあり、また経時変化も様々である。

今、単電池2が破損し、起電力が低下すると、

電池を含む直並列単位の放電深度を比べれば、必ず後者の方が深度が進んでいることになる。

この結果、組電池内の直並列単位毎の電圧を測定して、得られた放電深度の比較を行なうことにより、特定の直並列単位内が健全であるかどうかのチェックでき、放電深度がずれていれば、単電池の破損が起こっていることが分り、それを記録することができる。

さて、組電池の残存容量は、最も放電深度の進んだ直並列単位内の単電池が放電容量に達するまでの組電池外部から見た通電量であるから、その直並列単位内の健全な直列単位数を k とすれば、

$$\text{残存容量} = (100 - (\text{最大の直並列単位放電深度})) / 100 \times (\text{単電池の放電容量}) \times k \quad \dots (2)$$
となる。

以上の様に、組電池8内の直並列単位毎に充放電停止直後の電圧変化を計測して、その起電力を算出し放電深度を得、相互の値を比較することによって、最大放電深度と、各直並列単位内の健全な直列単位数を知ることができる。これを始点と

直並列単位6の他の健全な直列単位4から起電力の差に対応した電流が流れこむ。その結果、破損単電池を含む直列単位は充電され、直列単位内の健全な単電池は、前述のように充電末期の高抵抗域に達する。そして、破損した短電池を含む直列単位は実質的に開路状態となる。この過程は、直列数 n 、並列数 m 、および破損単電池の内部抵抗値によって進行速度が異なるが、最終的には、破損した単電池を含む直列単位は実質的に切離されるので、当初 m 本あった直列単位4は $(m-1)$ 本となる。

また、以上の過程が進行する間、健全な直列単位は実質的に放電量の方が充電量より多くなり、破損した時点での破損した単電池を含む直列単位の放電深度分の充電量を負担する。従って、最大で放電容量の $1/(m-1)$ だけ、放電側に放電深度がずれる。また、破損した単電池を含む直並列単位内の健全な直列単位は、健全な直並列単位内の直列単位に比べて、平均で $m/(m-1)$ 倍の電流が流れる。従って、健全な直並列単位と破損した単

して以後、電流計16で得られる積算電流量に $m/(m-1)$ 倍したものを放(充)電量に換算して深度を更新していけば、常時、運転中においても、残存容量を知ることができるようになる。

以下、本発明の一実施例を第4図により説明する。

直並列単位6を直列に接続し、保温箱10に収納した組電池8において、電圧計14は直並列単位6の両端の電圧を測定し、電流計16は外部端子12a, 12bを流れる電流を測定する。直並列単位6の起電力 E (符号18)は、充放電停止直後の直並列単位6の電圧の時間変化から推定され、直並列単位6の放電深度 D (符号20)は、前記起電力18と理論値を照合することにより得られる。

直並列単位6の健全直列単位数 K (符号22)は、前記放電深度20を直並列単位間で相互に比較することにより得られる。組電池8の充放電量 Ah (符号24)は電流計16によって測定された電流値を時間積分したもので、常時参照できる。

組電池8の残存容量R(符号26)は、直並列単位6の放電深度20の内、最大のもの、及びその直並列単位6の健全直列単位数22、及び、組電池8の充放電量24とから算定される。

放電深度算出に当っては、前記第2図に基づく理論式、

$$E = A(D - B) + C \quad (D > 60\%) \dots (3)$$

(A, B, Cは定数)

を適用するが、Dを誤差1%程度に同定するためには、Eを最低4桁以上の精度で得る必要がある。そこで電圧計14には、最低5桁、好ましくは、7桁程度の分解能力を有する計測器を用いる。この電圧計14によって得られた電圧の変化を直並列単位6に前述の(1)式である。

$$V(t) = E - (E - V_{(0)}) e^{-\alpha t} \dots (1)'$$

に函数近似してEを求めるのであるが、本実施例では以下のようにした。つまり、(1)'式を微分した

$$\frac{dV}{dt} = \alpha(E - V_{(0)}) e^{-\alpha t} \dots (4)$$

放電深度20を相互に比較し、放電深度が進んでしまっているものがないか調べる。その結果、進んでいるものがあれば、その直並列単位6の健全直列単位数22のカウンタを1つ減らす。この操作によって、直並列単位6毎の放電深度20と健全直列単位数22は、充放電停止時に更新される。但し、起電力が約2.07Vのn倍の場合は、放電深度が同定できないため、更新はできない。

さて、組電池の残存容量は、最も放電深度の進んだ直並列単位に注目して算出すればよい。つまり単電池の放電容量をA、とし、更新の時点でのその直並列単位の放電深度をD、その時点から積算充放電量(放電を正に、充電を負にとる)をAh、健全直列単位数をk、とすれば、残存容量Rは、

$$R = k \times A \times (1 - D) - Ah \times \frac{k}{m} \dots (8)$$

にて得られ、Ahの積分が更新されれば、常時、Rは更新される。

以上の手法に加えて、直並列単位毎の平均温度

に対して、時刻、 t_1, t_2 ($t_1 < t_2$)での微係数を近似して、

$$\frac{V(t_2) - V(t_1)}{t_2 - t_1} = \alpha(E - V_{(0)}) e^{-\alpha t_1} \dots (5)$$

とし、更に、時刻 t_1, t_2 ($t_1 < t_2$)での値

$$\frac{V(t_2) - V(t_1)}{t_2 - t_1} = \alpha(E - V_{(0)}) e^{-\alpha t_2} \dots (6)$$

とから、辺々割って、

$$\frac{V(t_2) - V(t_1)}{V(t_2) - V(t_1)} \cdot \frac{t_2 - t_1}{t_2 - t_1} = e^{-\alpha(t_2 - t_1)} \dots (7)$$

とし、この(7)式から、 $t = t_1 \sim t_2$ での α 値を得る。

これを何点か採取して平均の α を求め、この α を用いて、Eを求める。本実施例では、6秒間隔で電圧を測定し、3分間サンプリング(30点)した後上記の演算を施して、Eを求めた。こうして得られたEを用いて放電深度D(%)を求めた結果、およそ1%程度の誤差で、放電深度が正しいことが分った。

次にこのようにして得られた各直並列単位6の

を測定して、起電力から放電深度を算出する際に用いれば、さらに精度が向上する。ナトリウム-硫黄電池の起電力は、温度が上昇すると低下することが分かっており、前述の(3)式中の定数A, B, Cは、温度に対して、何点かが文献に与えられている。

また、本手法の過程の中で、破損単電池数が概略把握できるので、組電池の補修時期を決定することができる。

〔発明の効果〕

本発明によれば、ナトリウム-硫黄電池の組電池の残存容量が精度よく常に監視することができるので、運転中でも、その後の運転計画が容易となる効果がある。

4. 図面の簡単な説明

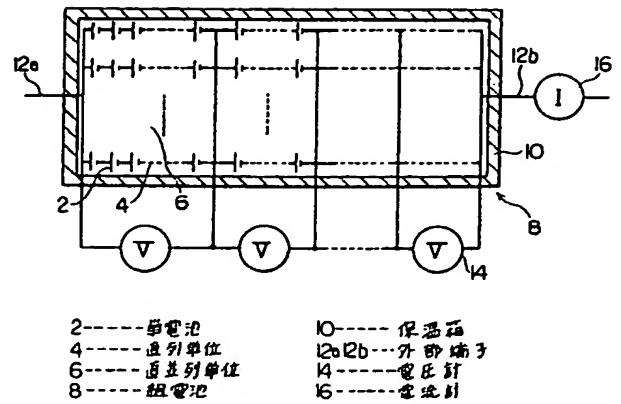
第1図はナトリウム-硫黄電池の構成例を示す説明図、第2図はナトリウム-硫黄電池の放電深度に対する起電力の変化を表わすグラフ、第3図は放電停止直後の電池電圧の変化の様子を表わすグラフ、第4図は本発明の一実施例の概念を示す

説明図である。

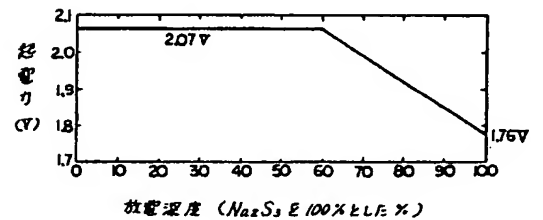
- 2…単電池、4…直列単位、6…直並列単位、
8…組電池、14…電圧計、
18…直並列単位の起電力E、
20…直並列単位の放電深度D、
22…直並列単位の健全直列単位数K、
24…組電池の充放電量Ah、
26…組電池の残存容量R。

代理人 鶴沼 辰之

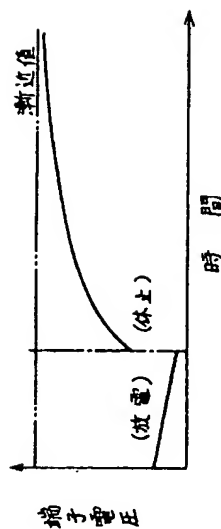
第1図



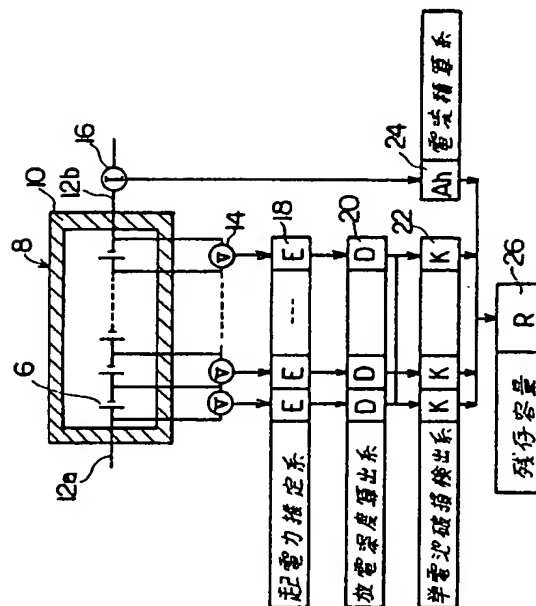
第2図



第3図



第4図



- 18…直並列単位の起電力E、
20…直並列単位の放電深度D、
22…直並列単位の健全直列単位数K、
24…組電池の充放電量Ah、
26…組電池の残存容量R。

第1頁の続き

⑦発明者	安島	浩美	茨城県日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内
⑧発明者	大島	正明	東京都千代田区内幸町1丁目1番3号 東京電力株式会社開発研究所内
⑨発明者	藤原	昇	東京都調布市西つつじヶ丘2丁目4番1号 東京電力株式会社技術研究所内